TDR について

株式会社グッドマン

TDR(パルス反射型測長機)は、メタルケーブルの障害箇所を最も早く正確に測定する、何年も前より利用されている方法です。他国ではケーブルレーダーやパルスエコーメーターとも呼ばれています。
ケーブルがメタルケーブルで少なくとも芯線が 2 本以上、もしくは芯線と外部導体からなる同軸ケーブルといった場合に TDR による測定が可能でケーブル長やケーブル製造過程における障害・断線・水侵入・接続不良・シース不良を検出します。
それに加え TDR はドラム上のケーブルが運搬中破損していないか、ケーブルに不足がないか、敷設工事・在庫管理するためにも役立ちます。

作動原理

TDR は、エネルギーのパルスが発射されターゲットにぶつかり反射して帰還する時間と距離・ターゲットの大きさや方向を計算するレーダの作動原理と似ています。
TDR は同様の原理で働きますが、TDR はケーブルインピーダンス・伝播速度といった測定対象のケーブルの特徴を入力する必要があります。事前に決められたパルス幅や電圧の出力パルスと呼ばれる一連のパルスがケーブルに送り込まれ、ケーブルの末端もしくは障害個所にぶつかり反射して帰還する時間は、伝播速度と呼ばれる測定ケーブル特有の定数によって増加します。
反射パルスは波形の一環として LCD 画面に表示されます。この波形がケーブルの特性として知られているものです。カーソルをパルス上昇地点上に配置すると障害個所/末端と距離の測定結果が表示されます。
レーダーの場合パルス伝送の媒体物は特性が一定している空気ですが、ケーブルの場合ケーブルの使用・製造目的により材質が異なり、その結果ケーブルインピーダンスや伝播速度の観点からケーブル特性は多様です。たとえば、電力ケーブルは通常インピーダンス 25Ω/伝播速度（以下 Ｖｐ値）50％前後ですが、データケーブルは 100Ω/70＞80％です。TDR が正確な結果を出すためには、計測を開始する前にこれらの値を求め TDR に入力しなけれ

ばなりません。ある通信･データケーブルについては、Ｖｐ値及びインピーダンス値はケーブルメーカーが見積もってくれる場合もありますが、ケーブルによっては実証を通して数値を割り出す必要がある場合もあります。方法については TX6000 の取扱説明書をご覧ください。

伝播速度（Vp値）

伝播速度とは信号がケーブルを伝送する速度のことで、通常真空中の光のスピード（297,600Km）との割合もしくは 1 マイクロ秒あたりの速度（m/ｆ）です。前者は 100％、後者は 1 がすべてのものに勝る最も早い速度になります。たとえば VP 値 75%のケーブルは光速の 75%の速度で、VP 値 50%は光速の 50％の速度で信号を伝送するということです。VP 値は電線の材質やケーブル被覆・芯線被覆の厚さにより特定されます。ツイストケーブルの場合では、VP 値は芯線間隔すなわちツイスト率によっても特定されます。同軸ケーブルの場合は中心コア線を外部導体や被覆と分断している材質が VP 値を決定します。これは芯線上、つまり被覆と芯線間を信号が伝送するからであり、最初のケーブル VP 値は PVC や PTFE 等といった誘電材料を特定することにより定められました。VP 値はスチール、アルミ、銅などといった芯線材料に顕著に影響受けるものではありません。

インピーダンス

2 本のケーブルが互いに近接した場所にある場合インピーダンスが形成されます。インピーダンス値は両芯線の間隔と VP 値同様ケーブルメーカーが使用する被覆(誘電)材質により決まります。ケーブルの芯線間が(同軸の場合は外部導体を芯線と考えます)一定の間隔で製造されていれば、1 本のケーブルのインピーダンス値はその全長にわたって不変ですが、芯線間隔が一定でない場合インピーダンス値は各所で変化します。ですから TDR は測定ケーブルのインピーダンス値と TDR に入力した値を比較する比較機ともいえます。顕著なインピーダンスの変化があると LCD 画面にプラスやマイナスの振幅が現れ、不整合で反射したエネルギー量によりリターンパルスの大きさが決まります。ケーブル断線もしくは末端などのオープン(開放)状態は大きなプラスのリターン、ショートしている末端・線間ショート状態はマイナスのリターンを表します。インピーダンスの不整合を表す波形にそった

小さなリターンでは、プラスのリターンは高インピーダンス障害で、不整合のインピーダンス値が測定ケーブルの値より大きい場所でみられ、マイナスのリターンは低インピーダンス障害で不整合のインピーダンス値が測定ケーブルの値より低い場所で表されます。

●高インピーダンス障害の例(プラスのパルス)

- オープン
- ケーブル末端
- 断線
- 高いケーブルインピーダンスのタップ
- ゆるい結線
- 腐食したコネクター

●低インピーダンス障害の例(マイナスのパルス)

- 浸水
- シールド障害
- T コネクター
- 低ケーブルインピーダンスのタップ

不感応ゾーン(ブラインドスポット)

これは発射パルスが立ち上がりから落ち込みまでの間の区域で、その名が示す通り障害が見えない区間のことです。通常、死角区間より長いパッチケーブルを測定ケーブル付け足すことにより、発射パルス幅より長い地点ができるので、測定ケーブルの末端から障害箇所を検出することが出来ます。

発射パルス幅は TDR にあらかじめ設定されており長さ範囲を選択すると自動的に調整され、ユーザーが任意に調整することは出来ません。７ｍまでの短いケーブルを測定する場合とても短いパルス幅が必要で、パルス幅は範囲が増加するごとに広がります。安価な一般の TDR の発射パルス幅は３ｍなので発射パルス内の障害箇所を検出するには 3m の長さのパッチケーブルが必要です。TX6000 は非常に短いパルスを使用しているので死角は 0.6m（VP 値 67%）です。

TDR の種類

TDR は下記３つのグループに分けられます。

① デジタル

この種の TDR はデジタル値でケーブル長が表示されるフォルトキャスターに代表され、障害箇所までの距離や末端のオープン・ショートを表示するものです。

② グラフィック(パルス)

前頁に記載したパルス TDR です。パルスが測定ケーブルに発射され、選択した範囲や時系列的に変化する電圧に応じてケーブル電圧が瞬時にサンプリングされて LCD 画面に波形として表示されます。

③ エッジ(グラフィック)

TDR 回路は継続的に 5V の DC 信号を測定ケーブル送り込みます。この電圧の大きさ(エッジ)は障害箇所が検出されるまで維持されます。障害が発生している箇所では電圧は急激に降下します。反射エネルギーは障害箇所がオープンかショートかにより出力電圧を再び上昇もしくは下降させ、これによりケーブル中で発生しているインピーダンスの不整合を検出することができます。トレース結果は方形波で表示されます。